МЕЖЗВЁЗДНАЯ СРЕДА́, разреженное вещество, межзвёздный газ и мельчайшие пылевые частицы, заполняющие пространство между звёздами в нашей и др. *галактиках*. В состав М. с. входят, кроме того, *космические лучи*, *межзвёздные магнитные поля*, а также кванты электромагнитного излучения различной длины волны. Вблизи Солнца (и др. звёзд) М. с. переходит в *межпланетную среду*. Пространство между галактиками заполняет *межгалактическая среда*. Впервые к выводу о существовании М. с.,

поглощающей свет звёзд, пришёл В. Я. *Струве* (1847), однако её существование было доказано только в 30-х гг. 20 в. (амер. астрономом Р. Трамплером и сов. астрономом Б. А. Воронцовым-Вельяминовым).

Межзвёздный газ состоит из нейтральных и ионизованных атомов и молекул. Основную массу газа составляют атомы водорода и гелия (соответственно ок. 90% и 10% по числу атомов) с небольшой примесью кислорода, углерода, неона, азота (ок. 0,01% каждого). Из молекул наиболее обильно представлена H_2, сосредоточенная в облаках. Кроме того, имеются в малом количестве CH, OH, H_2O, NH_3, CH_2O и др. органич. и неорганич. молекулы. Межзвёздный газ почти равномерно перемешан с межзвёздной пылью, состоящей из частиц размером 10^{-4}—$3 \cdot 10^{-6}$ *см*. Мелкие частицы состоят из Fe, SiO_2, более крупные имеют частично графитовые ядра, возможно с примесью железа, и оболочки из замерзших газов CH_4, NH_3, H_2O и др. Газ и пыль почти полностью отсутствуют в эллиптич. галактиках, в спиральных же галактиках типов *Sa*, *Sb*, *Sc* составляют соответственно ок. 1%, 3%, 10% массы галактики, а в неправильных галактиках — в среднем 16%. Межзвёздные газ и пыль сильно концентрируются к плоскости галактик, образуя диск, толщина к-рого составляет в среднем неск. сотен *пс*, возрастая к периферии иногда до неск. *кпс*. Концентрация газа в дисках в среднем ок. 1 или неск. атомов в 1 *см*³ (плотность ок. 10^{-24} *г/см*³); вне диска и на его краях плотность газа значительно меньше. В спиральных галактиках большая часть газа и пыли сосредоточена в спиральных рукавах (ветвях): плотность газа между рукавами галактики в 3—10 раз меньше, чем в рукавах. В рукавах ок. 80—90% газа сосредоточено в межзвёздных облаках, к-рые часто объединяются, образуя газопылевые комплексы, располагающиеся гл. обр. на внутренней (вогнутой) стороне спиральных рукавов. Параметры межзвёздных облаков крайне разнообразны.

В нашей Галактике диаметры межзвёздных облаков обычно составляют 5—40 *пс*, концентрация атомов в них от 2 до 100 в 1 *см*³, темп-ра 20—100 К. Облака занимают ок. 10% объёма диска Галактики. Газ и пыль М. с. вместе со звёздами движутся в диске галактик вокруг её центра по орбитам, близким к круговым, со средними скоростями, составляющими 100—200 *км/сек*. Отдельные облака межзвёздного газа имеют собственные (пекулярные) скорости, величина к-рых в среднем равна 10 *км/сек*, достигая иногда 50—100 *км/сек*. В галактич. короне наблюдается газ, падающий на плоскость галактики со скоростями в десятки и сотни (до 200) *км/сек*; происхождение этого газа не выяснено. Концентрация атомов между облаками 0,02—0,2 в 1 *см*³, темп-ра 7—10 тыс. К.

Водород, гелий и др. элементы, потенциалы ионизации к-рых больше, чем у водорода, в облаках ионизованы очень слабо, а между облаками ионизация водорода — неск. десятков процентов. Остальные элементы однократно ионизованы светом звёзд. Такие облака и среда между ними наз. областями HI (нейтрального водорода) и занимают осн. часть диска галактик. Вокруг горячих звёзд класса O водород сильно (до 99%) ионизован ультрафиолетовым излучением. Такие области наз. областями HII (ионизован-

ного водорода) или зонами Стрёмгрена. Темп-ра областей HII достигает 6000—8000 K, размеры их в зависимости от темп-ры звезды и плотности газа колеблются от долей *пс* до неск. десятков, а в исключит. случаях — до сотен *пс*. Обычно вокруг горячих звёзд наблюдаются не просто ионизованные межзвёздные облака, а значительно более плотные диффузные туманности, в к-рых концентрация достигает десятков и сотен атомов в 1 *см*^{3}. Возможно, это остатки того плотного комплекса, из к-рого образовались горячие звёзды. Такие области HII постепенно расширяются под действием горячего газа. Если на пути такой области встречается уплотнение, принадлежащее области HI, то граница области HII огибает это уплотнение, обнажая его со всех сторон. Так образуются тёмные (на фоне светящихся областей HII) холодные плотные области HI, имеющие вид вытянутых жгутов (т. н. слоновьи хоботы) или сферич. сгустков (глобулы). В спектре областей HII наблюдаются яркие линии водорода и запрещённые линии кислорода, азота, серы и нек-рых др. элементов, а также слабый непрерывный спектр. В радиодиапазоне эти области светятся в непререрывном спектре и в линиях водорода и гелия, возникающих при квантовых переходах между очень высокими энергетич. уровнями. В областях HI газ в оптич. лучах не светится. Его изучают по линиям поглощения света звёзд, расположенных позади этих областей. Особенно много информации дают резонансные линии поглощения атомов и ионов, расположенные в ультрафиолетовой области и наблюдаемые с космич. зондов. Сведения о нейтральном водороде в Галактике и др. галактиках, о его распределении и движении получают, наблюдая радиолинии нейтрального водорода с длиной волны 21 *см*. В этой линии, однако, излучается лишь малая доля тепловой энергии газа областей HI. Осн. доля энергии излучается областями HI в далёких инфракрасных спектральных линиях атомов O, ионов C, Si, Fe и др.

Ср. плотность пыли в диске Галактики 10^{-26} *г/см* (0,01 плотности газа). Эта пыль поглощает свет звёзд, причём синие лучи сильнее, чем красные. Поэтому из-за пыли свет далёких звёзд виден не только ослабленным, но и более красным. Наличие пыли не позволяет наблюдать звёзды, лежащие в плоскости Галактики на расстояниях, превышающих 3 *кпс* от Земли. Плотные облака газа и пыли, поглощающей свет, кажутся тёмными на светлом фоне Млечного Пути. Ещё резче выделяются тёмные газопылевые облака, если они проектируются на светлую туманность. Вблизи достаточно ярких звёзд (в основном класса B) пыль освещена настолько, что может быть сфотографирована с Земли; такие светлые облака наз. отражательными туманностями. Слой газа и пыли в др. галактиках, наблюдаемых с ребра, виден в виде тёмной полосы (см., напр., рис. 3 на табл. XVII в т. 5, стр. 448—449). Межзвёздные пылинки имеют несферич. форму и ориентированы в среднем определённым образом относительно магнитного поля Галактики, что вызывает поляризацию света звёзд.

Массы больших газопылевых комплексов достигают десятков и сотен тыс. масс Солнца. В их центр. частях темп-ра очень низкая (иногда всего 5—6 K) при концентрации атомов до сотен в 1 *см*^{3} и более. Плотность пыли в них больше 1/100 плот-

ности газа. Последнее обстоятельство связано с тем, что при низких темп-рах и больших плотностях происходит образование молекул, в т. ч. многоатомных, и налипание их на пылинки. В таких местах могут образовываться звёзды. В связи с этим имеет важное значение то обстоятельство, что в центр. частях комплексов наблюдаются компактные объекты (размером порядка 10^{15} *см* и меньше), из к-рых, возможно, образуются звёзды (см. *Протозвёзды*) и планеты. Они очень интенсивно излучают в радиолиниях молекул OH, H_2O и др., характер излучения к-рых иногда аналогичен излучению *лазеров*.

Частиц, составляющих космич. лучи и обладающих огромными энергиями — от 10^6 до 10^{20} *эв*, в М. с. гораздо меньше, чем др. её компонентов, но их общая энергия в 1 $см^3$ составляет ок. 1 *эв*, т. е. превышает энергию тепловых движений межзвёздного газа. Космич. лучи больших энергий слабо взаимодействуют с газом и пылью, изредка вызывая в них ядерные реакции. Менее энергичные частицы (10^6 — 10^7 *эв*) способны нагревать и ионизовывать межзвёздный газ; они являются одним из осн. источников нагрева областей HI. Напряжённость межзвёздного магнитного поля мала (в 10^5 раз слабее магнитного поля Земли), но его энергия примерно равна энергии космич. лучей. Поэтому давление космич. лучей и магнитного поля играют существ. роль в динамике М. с. Электромагнитные кванты в М. с. имеют частоты от радиодиапазона до жёсткого гамма-излучения. Наибольшее воздействие на межзвёздные газ и пыль оказывают оптич., ультрафиолетовые и мягкие рентгеновские лучи (с энергией квантов меньше 1 *кэв*). Последние отчасти приходят из межгалактич. пространства, а отчасти возникают в рентгеновских источниках внутри Галактики и вызывают (вместе с космич. лучами) нагрев и частичную ионизацию областей HI. Оптич. и ультрафиолетовые кванты в М. с. являются результатом излучения звёзд Галактики.

В галактиках происходит постоянный обмен веществом между М. с. и звёздами. М. с. служит материалом для образования звёзд, а звёзды, в свою очередь, выбрасывают часть вещества в М. с., сообщая одновременно газу кинетич. энергию. Это происходит и на спокойных стадиях развития звёзд, и в конце их эволюции, когда звёзды сбрасывают оболочку, образуя планетарную туманность, или взрываются как *сверхновая звезда*. Происходит постоянный круговорот вещества, при к-ром количество газа в М. с. постепенно истощается. В частности, последним обстоятельством объясняется, что в эллиптич. галактиках газа нет, в то время как в неправильных его много: здесь он истощился менее всего. Поскольку в процессе эволюции звёзд и особенно при взрывах сверхновых звёзд ядерные реакции меняют химич. состав газа, меняется со временем и состав М. с., а следовательно, и состав образующихся из неё звёзд. Кроме того, происходит обмен газом между ядрами галактик и М. с.

Илл. см. т. 5, табл. XVII, стр. 448—449.

Лит.: Пикельнер С. Б., Физика межзвёздной среды, М., 1959; Каплан С. А., Пикельнер С. Б., Межзвёздная среда, М., 1963; Гринберг М., Межзвёздная пыль, пер. с англ., М., 1970; Космическая газодинамика, [пер. с англ.], М., 1972; Бакулин П. И., Кононович Э. В., Мороз В. И., Курс общей астрономии, М., 1970;

Мартынов Д. Я., Курс общей астрофизики, М., 1971; Аллер Л., Астрофизика, пер. с англ., т. 2, М., 1957.

С. Б. Пикельнер, Н. Г. Бочкарёв.